

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 octobre 2001 (25.10.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/80308 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/762
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/01179
- (22) Date de dépôt international : 17 avril 2001 (17.04.2001)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
00/05549 14 avril 2000 (14.04.2000) FR
- (71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, F-38190 Bernin (FR).
- (72) Inventeur; et
(75) Inventeur/Déposant (*pour US seulement*) : ROCHE, Michel [FR/FR]; 12, rue de Saulx-Travanees, F-21000 Dijon (FR).
- (74) Mandataires : MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*
- En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

(54) Title: METHOD FOR CUTTING OUT AT LEAST A THIN LAYER IN A SUBSTRATE OR INGOT, IN PARTICULAR MADE OF SEMICONDUCTOR MATERIAL(S)

(54) Titre : PROCEDE POUR LA DECOUPE D'AU MOINS UNE COUCHE MINCE DANS UN SUBSTRAT OU LINGOT, NOTAMMENT EN MATERIAU(X) SEMI-CONDUCTEUR(S)

(57) Abstract: The invention concerns a method for cutting out at least a thin layer in an element forming a substrate or an ingot for electronic or optoelectronic or optical component or sensor. The invention is characterised in that it comprises steps which consist in: forming in said element a embrittled zone having a thickness corresponding to that of the layer to be cut out; injecting into said element an energy pulse lasting not more than the duration required for a sound wave to pass through the thickness of the zone absorbing said pulse energy, said pulse having an energy selected to cause cleaving at said embrittled layer.

(57) Abrégé : Procédé pour la découpe d'au moins une couche mince dans un élément formant substrat ou lingot pour composant ou capteur électronique ou opto-électronique ou optique, caractérisé en ce qu'on met en oeuvre les étapes consistant à: former dans ledit élément une zone fragilisée d'une épaisseur correspondant à celle de la couche que l'on veut découper; injecter dans ledit élément une impulsion énergétique d'une durée inférieure à ou de l'ordre de la durée nécessaire à une onde acoustique pour traverser l'épaisseur de la zone absorbant l'énergie de ladite impulsion, ladite impulsion étant d'une énergie choisie pour provoquer un clivage au niveau de ladite couche fragilisée.

WO 01/80308 A2

PROCEDE POUR LA DECOUPE D'AU MOINS UNE COUCHE
MINCE DANS UN SUBSTRAT OU LINGOT, NOTAMMENT
EN MATERIAU(X) SEMI-CONDUCTEUR(S)

5

10 **Domaine de l'invention et état de la technique**

L'invention concerne la découpe d'au moins une couche mince dans un substrat ou lingot, notamment en matériau(x) semi-conducteur(s), pour composant ou capteur électronique ou opto-électronique ou optique

15

Pour de nombreuses applications liées aux domaines de la micro-électroniques, de l'optoélectronique ou des capteurs, une opération technologique consistant à reporter une couche d'un substrat vers un autre représente une opération clé permettant la fabrication de nombreuses structures de matériaux ou de composants spécifiques. Cette couche à transférer
20 peut comporter ou non des composants dont l'état d'achèvement peut être complet ou partiel.

Un exemple d'applications consiste à réaliser des substrats « Silicium Sur Isolant » (ou encore Silicon On Insulator ; SOI selon la terminologie Anglo-saxonne). L'isolant typiquement retenu est du SiO₂ de structure amorphe sur lequel il n'est pas possible de
25 réaliser un dépôt de silicium de qualité monocristalline. Une catégorie de techniques pour la réalisation de telles structures reposent sur des techniques de collage moléculaire (wafer bonding selon la terminologie Anglo-saxonne). Ces techniques sont connues de l'homme de l'art et sont notamment décrites dans l'ouvrage « Semiconductor Wafer bonding Science and Technology », (Q.-Y. Tong and U. Gösele, a Wiley Interscience publication, johnson Wiley
30 & Sons, Inc.). Comme le décrit cet ouvrage, grâce à ces techniques, deux substrats (en général du silicium) sont assemblés, l'un étant destiné à fournir la couche « Silicium Sur Isolant » (« substrat source ») qui sera reportée sur l'autre substrat devenant ainsi le nouveau substrat support (« substrat support ») de cette couche SOI. Une couche d'isolant,

typiquement de SiO₂, aura au préalable été formée sur l'une au moins des faces de ces substrats avant assemblage, devenant ainsi un isolant enterré situé sous la couche SOI.

Certaines variantes sont connues sous la dénomination BSOI (Bonded SOI) ou encore
5 BESOI (Bond and Etch Back). Ces variantes reposent, outre sur un collage comprenant l'adhésion moléculaire, sur un enlèvement physique du substrat source soit par des techniques de type polissage/rectification mécanique et/ou des techniques de gravure chimique. D'autres variantes reposent en plus du collage par adhésion moléculaire sur la
10 séparation par "découpe" le long d'une zone fragilisée telles que les méthodes décrites dans les documents US-A-5374564 (ou EP-A-533551), US-A-6020252 (ou EP-A-807970) (séparation le long d'une zone implantée) ou encore dans le document EP 0925888 (séparation par fracture le long d'une couche enterrée porosifiée).

Ces techniques de transfert de couches présentent un caractère générique car
15 elles permettent de réaliser des structures combinant différents types de matériaux entre eux, qu'il n'aurait pas été possible d'obtenir par ailleurs, notamment par dépôt. Des exemples sont par exemple des substrats silicium monocristallin sur quartz, des substrats AsGa sur silicium, etc

20 L'avantage de tels procédés à couche fragile enterrée est de pouvoir réaliser des couches à base de silicium cristallin (ou de SiC, InP, AsGa, LiNbO₃, LiTaO₃...) dans une gamme d'épaisseur pouvant aller de quelques dizaines d'angström (Å) à quelques micromètres (µm), avec une très bonne homogénéité. Des épaisseurs plus élevées restent également accessibles.

25

Outre la réalisation de substrats, il existe de nombreux autres exemples d'applications où les techniques de report de couche peuvent fournir une solution adaptée pour l'intégration de composants ou de couches sur un support à priori inadapté à leur réalisation. Ces techniques de transfert de couches sont également très utiles lorsque l'on
30 souhaite isoler une couche fine, avec ou sans composant, de son substrat initial, par exemple en procédant à une séparation ou élimination de ce dernier.

A titre d'exemple, de plus en plus de composants doivent être intégrés sur des supports différents de ceux permettant leur réalisation. Par exemple, on peut citer les composants sur substrats plastiques ou sur substrats souples. Par composants, on entend tout

dispositif micro-électronique, optoélectronique ou capteur (par exemple chimique, mécanique, thermique, biologique ou biochimique) entièrement ou partiellement « processé », c'est à dire entièrement ou partiellement réalisé. Pour intégrer ces composants sur des supports souples (incompatibles avec leur réalisation), on peut utiliser une méthode
5 de report de couche qui aura lieu après la réalisation des composants sur un substrat compatible avec leur réalisation..

Encore dans le même esprit, un retournement de couche fine associé à son transfert sur un autre support fournit aux ingénieurs un degré de liberté précieux pour
10 pouvoir concevoir des structures impossibles par ailleurs. Ces prélèvements et retournements de films minces permettent par exemple de réaliser des structures dites enterrées telles que des capacités enterrées pour les DRAMs (Dynamic Random Access Memory) où, contrairement au cas usuel, les capacités sont d'abord formées puis reportées sur un autre substrat de silicium avant de reprendre la fabrication sur ce nouveau substrat du reste des
15 circuits. Un autre exemple concerne la réalisation de structures de transistors dites à double grille. La première grille du transistor CMOS est réalisée selon une technologie conventionnelle sur un substrat puis reportée avec retournement sur un second substrat pour reprendre la réalisation de la deuxième grille et de la finition du transistor, laissant ainsi la première grille enterrée dans la structure (voir par exemple K. Suzuki, T. Tanaka, Y. Tosaka,
20 H. Horie and T Sugii, "High-Speed and Low Power n+-p+ Double-Gate SOI CMOS", IEICE Trans. Electron., vol. E78-C, 1995, pp. 360-367).

On retrouve une situation identique par exemple dans le domaine des applications liées aux télécommunications et hyperfréquence. Dans ce cas, on préfère que les
25 composants soient intégrés en final sur un support présentant une résistivité élevée, typiquement de plusieurs kohms.cm au moins. Mais un substrat fortement résistif n'est pas forcément disponible aux mêmes coûts et qualité que les substrats standard habituellement utilisés. Dans le cas du silicium, on peut par exemple noter la disponibilité de plaques de silicium en diamètre 200 et 300mm de résistivité standard tandis que pour des résistivités
30 supérieures à 1kohm.cm, l'offre est très inadaptée en 200mm et inexistante en 300mm. Une solution consiste à réaliser les composants sur substrats standards puis à reporter lors des étapes finales une couche fine contenant les composants sur un substrat isolant de type verre, Quartz, sapphire, etc ...

D'un point de vue technique, ces opérations de transfert ont pour intérêt majeur de décorrélér les propriétés de la couche dans laquelle sont formés les composants et la couche support final, et trouvent par conséquent intérêt dans bien d'autres cas encore.

Concernant plus spécifiquement les techniques de report de couche basées sur
5 une fracture ou séparation le long d'une zone fragilisée (fragilisation d'un point de vue mécanique au sens large) ou pré-définie pour être sélectivement à l'origine d'une séparation (par gravure chimique par exemple), plusieurs techniques quant à l'étape ou combinaison qui provoque la découpe sont connues.

10 Par exemple, certaines combinaisons sont plus spécifiquement basées sur une séparation à caractère mécanique (jet d'eau sous pression comme dans le document EP 0925888). Certaines techniques, basées sur le principe dit du " lift-off ", permettent également de séparer une couche mince du reste de son support initial, sans forcément consommer ce dernier. Ces méthodes utilisent généralement des attaques chimiques
15 attaquant sélectivement une couche intermédiaire enterrée, associées ou non à des efforts mécaniques. Ce type de méthode est très utilisé pour le report d'éléments III-V sur différents types de supports (Voir : C. Camperi et al. - IEEE Transaction and photonics technology - vol 3, 12 (1991) 1123).

A titre d'autre exemple, il est décrit dans le document EP 0925888, une découpe
20 par fracture le long d'une couche enterrée porosifiée grâce à des moyens mécaniques représentés par un jet d'eau sous pression appliqué au voisinage de la zone à découper. Un jet d'air comprimé peut également être utilisé comme il est décrit dans le document FR 2796491, où on peut encore exercer une traction comme dans le document WO 00/26000. L'insertion d'une lame peut également être un choix judicieux.

25 D'autres exemples reposent sur une zone fragilisée obtenue par implantation. En combinant ou non à cette implantation, les moyens spécifiques pour appliquer les efforts mécaniques cités avant (ou d'autres) et/ou des gravures chimiques et/ou des traitements thermiques etc .., une découpe peut être obtenue selon cette zone fragilisée. On trouvera quelques exemples de mise en oeuvre dans les documents US-A-5374564 (ou EP-A-533551),
30 US-A-6020252 (ou EP-A-807970) et WO 00/61841.

De nombreux moyens peuvent être adoptés pour déclencher ou assister la découpe selon une zone fragilisée. Les 4 documents US 6 020 252, US 6 013 563, EP 0 961 312 et EP 1 014 452 permettent de citer plus explicitement par exemple des forces mécaniques de tension, de cisaillement, de torsion, des traitements thermiques avec des sources de chaleur,

voire de froid, de diverses nature (fours classiques, faisceaux lumineux, lasers, champs électromagnétiques, faisceaux d'électrons, fluides cryogéniques, etc ...), ablation laser d'une couche intermédiaire, etc

5

10 **Problème technique et présentation de l'invention**

Les techniques de transfert de couche citées au préalable présentent cependant quelques inconvénients spécifiques.

Les techniques basées sur un amincissement (mécanique , chimique etc ..) ont
15 pour inconvénient de consommer et sacrifier un substrat, ce qui d'un point de vue économique est pénalisant. Ces techniques d'amincissement sont en outre souvent assez lourdes et coûteuses à mettre en oeuvre.

Les combinaisons basées sur l'application de contraintes mécaniques externes (cisaillement, torsion, flexion, tension, ..) présentent l'inconvénient de nécessiter en général
20 un collage (moléculaire ou autre) suffisamment résistant pour ne pas lâcher sous la contrainte nécessaire à la rupture de la zone fragilisée. Un procédé pour obtenir un tel collage, soumis pour certaines applications ou procédés de fabrication à un cahier des charges sévère (par exemple impossibilité de chauffer, impossibilité d'utiliser des solvants ou produits chimiques spécifiques, impossibilité de tirer sur la structure pour risques de
25 destruction des composants sensibles ...) n'est pas toujours disponible

Les techniques basées sur des recuits et autres traitements thermiques se heurtent pour certaines applications à une incompatibilité d'une élévation de température avec par exemple le support final sur lequel on souhaite intégrer la couche. Par exemple, le nouveau
30 support peut ne pas supporter les températures requises (cas d'un support plastique). A titre d'autre exemple, l'incompatibilité peut provenir de la combinaison des matériaux, notamment du fait d'une différence de coefficients de dilatation thermique trop importante qui viendrait à provoquer lors d'une montée en température la cassure d'un ensemble trop inhomogène (cas d'une structure associant deux substrats Silicium sur quartz).

Les techniques basées sur une gravure chimique peuvent se heurter, du fait de leur agressivité, à une incompatibilité vis-à-vis du support final sur lequel on souhaite intégrer la couche à transférer ou encore vis-à-vis de composants qui pourraient être présents sur cette
5 couche.

Parmi les autres combinaisons, les documents US 6 013 563 et EP 1 014 452 décrivent ou évoquent des techniques basées sur l'application de faisceaux lumineux et/ou d'électrons.

Le document US 6 013 563 fait référence à l'application de faisceaux de photons
10 et/ou d'électrons dans un but de chauffer la structure.

Le document EP 1 014 452 décrit un procédé dans lequel une quelconque source de photons (rayons X, lumière visible, infra-rouge, UV, micro-ondes, laser etc ...) serait susceptible de provoquer une séparation. Le mode de mise en oeuvre, décrit dans le cas de l'emploi d'un laser par exemple, fait référence à une ablation laser de cette couche
15 intermédiaire et mène les auteurs à préférer des impulsions laser de puissance relativement élevées (« préférence la plus forte pour des densités d'énergie comprises entre 100 et 500 mJ/cm² ») et de durée relativement longues (« préférence pour des durées comprises entre 1 et 1000 ns, et préférence la plus forte pour des durées comprises entre 10 et 100 ns »). Les auteurs décrivent également que ce mode de mise en oeuvre nécessitant un apport d'énergie
20 relativement important pour pouvoir fonctionner a comme inconvénients de pouvoir endommager la couche à transférer.

L'invention a quant à elle pour objet un mode de mise en oeuvre pour mener à une découpe le long d'une zone fragilisée qui ne repose ni sur une élévation de température,
25 ni sur une gravure chimique, ni sur une décomposition (par ablation ou autre) de cette couche fragilisée.

Ceci est obtenu selon l'invention grâce à un procédé selon la revendication 1.

Selon ce procédé, on réalise le clivage d'une couche fragilisée en injectant dans le substrat une impulsion énergétique qui génère une onde acoustique, d'amplitude convenable
30 pour provoquer le clivage au niveau de ladite couche fragilisée.

Un tel procédé est en outre avantageusement complété par les caractéristiques des revendications 2 et suivantes.

L'invention propose également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé proposé.

Ce dispositif est avantageusement du type selon l'une des revendications 26 et suivantes.

Présentation des figures

5

Les caractéristiques et avantages de l'impulsion apparaîtront mieux dans la description qui va suivre, référencées au dessous annexes dans lesquels :

- la figure 1 représente une coupe de l'ensemble des substrats semi-conducteurs et isolants après implantation et collage
- 10 - la figure 2 représente la loi du dépôt d'énergie dans la matière dans le cas où celui-ci s'effectue avec un laser.
- la figure 3 représente l'onde acoustique à un instant donné sous forme de la courbe $P(x)$
- la figure 4 représente l'onde acoustique à l'arrière de la fracture sous forme de la loi $P(x)$
- la figure 5 représente l'appareillage de dépôt d'énergie par laser impulsion
- 15 - la figure 6 représente l'appareillage de dépôt d'énergie dans le cas où on utilise un faisceau d'électron pour chauffer la couche superficielle du substrat de semi-conducteur.

Description détaillée d'un ou plusieurs modes de réalisation

- 20 Suivant un premier mode préféré de réalisation de l'invention, on procède de la façon suivante. On part d'une tranche semi-conducteur par exemple du silicium (2) (voir figure 1) d'une épaisseur de l'ordre de 500 μm , polie sur l'une de ses faces (1) et on implante sur cette face des protons ayant une énergie telle que leur profondeur de pénétration dans le semi-conducteur est un peu supérieure à l'épaisseur λ de la couche mince de semi-conducteur que
- 25 l'on souhaite réaliser. Par exemple pour réaliser une couche de l'ordre de 1 μm on utilisera une énergie de protons de l'ordre de 150 keV.

On prépare ensuite le substrat isolant (4) qui dans le cas de la figure 1 est en fait un substrat de silicium recouvert d'une couche de SiO_2 d'épaisseur typique de quelques dixièmes de

30 μms .

On réalise ensuite le collage des substrats (4) et (2), par adhésion moléculaire suivant une procédure maintenant bien connue (voir par exemple l'ouvrage « Semiconductor Wafer bonding Science and Technology », Q.-Y. Tong and U. Gösele, a Wiley Interscience publication, johnson Wiley & Sons, Inc.).

On obtient ainsi le bloc représenté sur la figure 1-b. Ce bloc est ensuite chauffé impulsionnellement à partir de la surface libre de la tranche de semi-conducteur (2), c'est à dire la face (13) représentée sur la figure 1-b. Le but du chauffage est de provoquer une montée en pression dans l'épaisseur ϵ_0 affectée par le chauffage, ceci est en effet nécessaire pour générer l'onde acoustique qui sera utilisée pour provoquer la rupture de la couche implantée (7) fragilisée par l'implantation ou tout autre moyen. Pour le chauffage de la couche sous la surface (13), d'épaisseur ϵ_0 , il est nécessaire de réaliser ou de s'approcher des conditions de "chauffage à volume constant". Le chauffage provoque une dilatation mais celle-ci ne peut se réaliser que par une onde acoustique qui se propage à la vitesse du son. Si le chauffage s'effectue en temps t inférieur au temps que met l'onde sonore pour traverser la moitié de l'épaisseur de la couche chauffée (dont l'épaisseur est égale à ϵ_0), on conçoit aisément que le centre de cette couche n'a pas pu se détendre pendant toute la durée du chauffage. Celui-ci a donc été effectué à "volume constant", à condition de respecter la relation ci-dessous : C étant la vitesse du son

$$t < \frac{\epsilon_0}{2C}$$

Les ordres de grandeur impliqués dans cette relation sont dominés par la nécessité de réaliser une onde acoustique très brève spatialement.

On considère en l'occurrence que ceci est vérifié dès lors que la durée de l'impulsion énergétique sera inférieure à ou de l'ordre de la durée nécessaire à une onde acoustique pour traverser l'épaisseur de la zone absorbant l'énergie de ladite impulsion, ladite impulsion étant d'une énergie choisie pour provoquer un clivage au niveau de ladite couche fragilisée.

Pour que le mécanisme de rupture soit efficace, il faut que ϵ_0 soit de l'ordre de grandeur de l'épaisseur λ de la couche à détacher qui est de l'ordre de 1 micromètre. On sait par ailleurs que dans un semi-conducteur, le silicium par exemple, la vitesse du son est de l'ordre de 210^3 m.s^{-1} . La relation ci-dessus nous indique donc que la durée d'impulsion doit être de l'ordre de ou inférieure à 1 ns et préférentiellement inférieure à 0.5 ns, ce qui est extrêmement bref mais susceptible d'être atteint au moyen de lasers spéciaux ou de faisceaux d'électrons.

Dès que les conditions ci-dessus sont atteintes, on peut exprimer l'amplitude ΔP de l'onde acoustique, en compression ou en détente, par la relation de Grüneisen :

$$\Delta P = \frac{1}{2} \Gamma \cdot \rho \cdot \frac{dE}{dm}$$

Dans laquelle Γ est le coefficient de Grüneisen. pour le Silicium, il est de l'ordre de 1.5 ;

ρ est la densité du milieu, elle est de l'ordre de $2.5 \cdot 10^3$ (S.I.).

$\frac{dE}{dm}$ est la variation de l'énergie interne spécifique du milieu. Elle est égale au chauffage

5 impulsif ramené à l'unité de masse.

Admettons par exemple que le chauffage impulsif entraîne une élévation de température

$\Delta\theta = 75^\circ\text{C}$. dans du silicium ayant une chaleur spécifique de 0.75 joule par gramme, on a

alors $\frac{dE}{dm} = 5.62 \cdot 10^4$ (S.I.)

En reportant ces valeurs dans la formule ci-dessus, on trouve une pression typique de 105

10 MP soit encore 1.05 kbar. On remarquera que cette amplitude d'onde lorsqu'elle s'exerce sous forme de détente est de l'ordre de grandeur de la cohésion de la matière et qu'elle est donc de nature à provoquer la rupture d'une couche fragilisée par l'implantation ionique. Notons enfin qu'une pression aussi élevée n'est obtenue que par un échauffement modeste de 75°C au niveau du point où l'énergie est déposée et que, dès que cette énergie se disperse dans

15 l'épaisseur du substrat, l'échauffement devient inférieur à 1°C . On peut donc réellement parler d'un procédé de délaminage à froid.

La forme de l'onde acoustique dépend de la répartition du dépôt d'énergie dans la matière. Si le dépôt d'énergie s'effectuait en un temps nul et si sa répartition $\varepsilon(x)$ en fonction de la profondeur x dans le semi-conducteur (2) avait l'allure exponentielle schématisée sur la

20 figure 2-a, on aurait à cet instant une pression $P(x)$ représentée sur la courbe de la figure 2-b. En réalité, la distribution $P_0(x)$ est déformée par la prorogation des détentes pendant la durée du dépôt (qui n'est jamais instantané).

Cette pression initiale se sépare en deux ondes, l'une part vers l'arrière (sens x croissant) l'autre part en direction inverse, se réfléchit sur la face libre et revient en arrière mais cette

25 fois sous forme d'onde de détente. La figure 3 représente l'onde complète à un instant donné, au cours de sa propagation dans le milieu (2). On remarquera que l'impulsion totale, c'est à dire la surface sous la courbe est nulle, ce qui est nécessaire car le faisceau laser ou d'électrons, responsable du chauffage à une impulsion quasi nulle. Lorsque l'onde de détente traverse la couche implantée dont on supposera que la contrainte de rupture est T , l'onde

30 transmise en aval est tronquée ainsi que schématisé sur la figure 4. Ainsi, l'impulsion reçue

par la couche (5) et son support (4) n'est pas nulle, ce qui provoque une éjection à faible vitesse de cette masse.

Examinons maintenant comment s'effectue le chauffage impulsionnel de la face (13). On a vu que l'épaisseur chauffée devait être de l'ordre de $1\text{ }\mu\text{m}$, ce qui correspond à une masse de
5 matière de l'ordre de $2.5\text{ }10^{-4}\text{ g par cm}^2$. Il faudra donc pour atteindre l'échauffement impulsionnel de 75°C évoqué plus haut que la densité d'énergie dans le faisceau soit de l'ordre de $1.87\text{ }10^{-4}\text{ joule par cm}^2$. Cette énergie théorique est très faible. En effet pour décoller une couche sur un wafer de $\varnothing\text{ }300\text{ mm}$, il suffirait d'une énergie dans l'impulsion laser ou faisceau d'électrons de 0.13 joules (!).

10 En réalité, on devra mettre en œuvre une énergie plus élevée en raison de la détente qui se manifeste pendant le dépôt d'énergie et aussi en raison du fait que l'absorption n'est pas idéale, c'est à dire qu'elle comporte une queue de distribution qui est inefficace pour la montée en pression. En pratique l'énergie nécessaire pour décoller une lame sur $\varnothing\text{ }300\text{ mm}$ sera de l'ordre de 13 joules.

15 Pour déposer l'énergie requise dans la surface (13), on peut soit utiliser un laser à impulsion très brèves comme par exemple un laser YAG utilisant un ou deux étages d'amplification et un pilote Q switché avec raidissement du front par lame saturables de façon à réaliser des impulsions de 0.1 à 1 ns de durée. Pour des énergies par impulsion plus élevées les derniers étages d'amplification peuvent être constitués par du verre au néodyme. On obtient alors en
20 utilisant un schéma du type de celui représenté sur la figure 5. Un système de lentilles L1, L2 permet d'apodiser le faisceau (9) de façon à ce que la densité d'énergie soit parfaitement uniforme sur toute la surface (13) dont le diamètre peut atteindre, dans les technologies actuelles 300 mm. Ce dispositif étant réalisé, il faut coupler le faisceau laser dont la longueur d'onde est voisine de $1.06\text{ }\mu\text{m}$ au semi-conducteur constituant le substrat (2). Dans le cas du
25 silicium, si on utilisait directement le faisceau à $1.06\text{ }\mu\text{m}$, l'absorption se ferait sur une épaisseur moyenne de l'ordre de $100\text{ }\mu\text{m}$, ce qui est beaucoup trop important. Pour réduire l'épaisseur du dépôt d'énergie, il faut augmenter l'absorption du milieu (2). Ceci peut se faire
1) en doublant, triplant, quadruplant la fréquence du faisceau laser suivant des techniques à base de lames à effets non linéaires maintenant bien connues,

30 2) en dopant superficiellement par exemple par implantation ionique de phosphore ou d'arsenic pour en diminuer la résistivité et donc augmenter son absorption à la longueur d'onde de $1\text{ }\mu\text{m}$,

3) en déposant sur la face (13) une couche mince absorbante, par exemple une couche métallique de $1\text{ }\mu\text{m}$ d'épaisseur.

Pour déposer l'énergie, on peut également utiliser un faisceau impulsif d'électrons (10) (voir figure 6), obtenu à partir d'une diode pulsée (12). Pour que la pénétration dans (2) soit de l'ordre de 1 μm , l'énergie des électrons devra être limitée aux environs de 30 keV. Pour déposer sur une surface de \varnothing 300 mm une énergie de l'ordre de 3 joules compte tenu de la
5 meilleure absorption par le milieu (2), le courant débité dans la diode devra être de 150 kA, ce qui est réalisable.

Suivant un autre mode préféré de réalisation de l'invention donné à titre indicatif et nullement limitatif, on dépose l'énergie au moyen d'un faisceau laser à 1.06 μm tel que celui décrit plus haut, directement dans la couche implantée (7) où on souhaite réaliser la fracture
10 du semi-conducteur (2). On se placera dans le cas où ledit semi-conducteur (2) est constitué par du silicium. Etant donné que celui-ci est assez transparent à la longueur d'onde du YAG, on peut atteindre, au centre de l'empilement (2), (4), la couche (7) en l'éclairant soit par la face (13), soit par la face opposée. On profite de ce que la couche implantée est naturellement beaucoup plus absorbante que le cristal initial, même dans le cas d'une
15 implantation par des protons. On peut d'ailleurs augmenter fortement son absorption en implantant des ions phosphore ou arsenic ou tout autre élément convenable. On notera que dans ce cas, l'onde de détente créée est environ deux fois, tous paramètres identiques par ailleurs, à ce qu'on a obtenu dans le cas précédent. Par ailleurs, la mise en œuvre est simplifiée puisqu'on a plus à se préoccuper du parallélisme entre la couche où l'énergie est
20 déposée et la couche implantée puisqu'elles coïncident. Cette disposition présente en outre l'avantage de ne pas nécessiter d'opération de collage dont la résistance à la traction devrait être forte. En effet chacune des deux parties résultant du clivage de la couche implantée (7) reçoit une impulsion nette. En d'autres termes l'interface de collage (3) n'est plus soumise qu'à une onde de compression, pour autant bien entendu qu'on dispose sur la face opposée à la
25 surface (13) un milieu adapté mécaniquement permettant de recevoir l'onde acoustique de compression afin d'éviter qu'elle ne se réfléchisse en détente sur cette face. Cet amortisseur peut être constitué par une lame de silice de 10 ou 20 mm d'épaisseur collée définitivement ou temporairement sur la face opposée à (13).

L'invention peut être utilisée pour la fabrication industrielle de substrat de type S.O.I.

REVENDICATIONS

- 1) Procédé pour la découpe d'au moins une couche mince dans un élément formant substrat ou lingot pour composant ou capteur électronique ou opto-électronique ou optique, caractérisé en ce qu'on met en œuvre les étapes consistant à :
- former dans ledit élément une zone fragilisée d'une épaisseur correspondant à celle de la couche que l'on veut découper ;
 - injecter dans ledit élément une impulsion énergétique d'une durée inférieure à ou de l'ordre de la durée nécessaire à une onde acoustique pour traverser l'épaisseur de la zone absorbant l'énergie de ladite impulsion, ladite impulsion étant d'une énergie choisie pour provoquer un clivage au niveau de ladite couche fragilisée.
- 2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la zone fragilisée est une couche poreuse.
- 3) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la zone fragilisée est formée par dépôt
- 4) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la zone fragilisée est formée par implantation.
- 5) Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que l'implantation est une implantation de phosphore et/ou d'arsenic et/ou de protons et/ou de gaz rares.
- 6) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément formant substrat ou lingot est en matériau(x) semi-conducteur(s) et/ou LiNbO₃ et/ou LiTaO₃ ou en un matériau composé à base de ces matériaux.
- 7) Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'élément formant substrat ou lingot est en silicium et/ou SiC et/ou GaAs et/ou InP et/ou GaN et/ou SiGe et/ou Ge et/ou LiNbO₃ et/ou LiTaO₃ ou en un matériau composé à base de ces matériaux.

- 8) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on colle, après l'étape de fragilisation, ledit élément sur un autre support, l'impulsion énergétique étant injectée dans le bloc ainsi obtenu.
- 5 9) Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le collage est un collage de type collage moléculaire ou au moyen d'une colle adhésive.
- 10 10) Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8, caractérisé en ce que le bloc issu du collage comporte une couche de SiO₂, de Si₃N₄ ou une combinaison de ces deux matériaux.
- 11) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dépôt d'énergie impulsionnel est réalisé au moyen d'un faisceau laser.
- 15 12) Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le dépôt d'énergie impulsionnel est réalisé au moyen d'un faisceau d'électrons.
- 13) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la durée d'une impulsion est inférieure à 1 ns
- 20 14) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'impulsion est une impulsion unique.
- 15) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'impulsion est
- 25 répétée plusieurs fois.
- 16) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dépôt d'énergie impulsionnel est réalisé à partir de l'une des faces parfaitement polies.
- 30 17) Procédé selon la revendication 4 prise seule ou en combinaison avec l'une des revendications 5 à 16, caractérisé en ce que le dépôt d'énergie impulsionnel est réalisé à partir de la face par laquelle s'effectue l'implantation.

- 18) Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le dépôt d'énergie impulsif est réalisé à partir de la face opposée à celle par laquelle est réalisée l'implantation.
- 5 19) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dépôt d'énergie impulsif est réalisé par absorption sélective directement sur la zone fragilisée ou en son voisinage.
- 20) Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que le caractère absorbant sélectif est
10 réalisé par dopage.
- 21) Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'absorption sélective est réalisée dans une couche métallique.
- 15 22) Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que l'absorption sélective est obtenue au sein d'une couche déposée.
- 23) Procédé selon la revendication 21, caractérisé en ce que l'absorption sélective est obtenue au sein d'une couche dont les propriétés ont été modifiées par implantation.
20
- 24) Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dépôt d'énergie impulsif est réalisé après que tout ou partie d'un composant soit réalisé.
- 25) Procédé pour la réalisation d'un composant ou capteur électronique ou opto-électronique
25 ou optique, caractérisé en ce qu'il met en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.
- 26) Dispositif pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens apte à générer une impulsion énergétique
30 d'une durée inférieure à ou de l'ordre de la durée nécessaire pour traverser l'épaisseur de la zone absorbant l'énergie de ladite impulsion.

- 27) Dispositif selon la revendication 26, caractérisé en ce que lesdits moyens comportent un laser YAG ou en verre dopé au néodyme apte à délivrer des impulsions ayant une durée avantageusement inférieure à une nanoseconde.
- 5 28) Dispositif selon la revendication 26, caractérisé en ce que lesdits moyens comportent un laser ou une nappe de lasers solides.
- 29) Dispositif selon la revendication 26, caractérisé en ce qu'il comporte un accélérateur impulsionnel de type "diode pulsée" délivrant un faisceau d'électrons en une durée de
- 10 l'ordre de la nanoseconde.

1 / 1

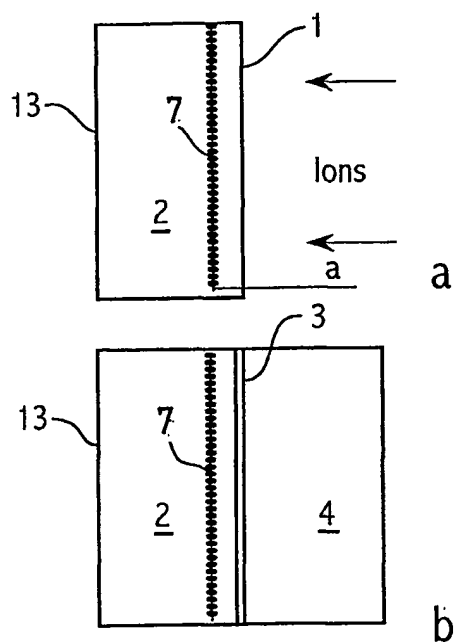


FIG.1

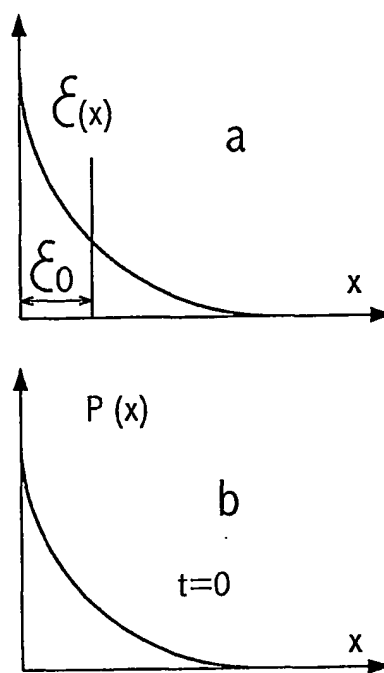


FIG.2

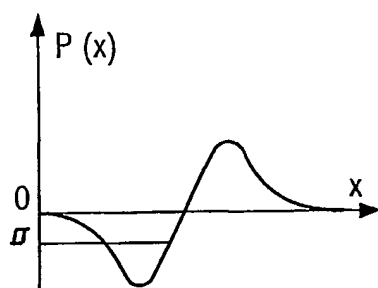


FIG.3

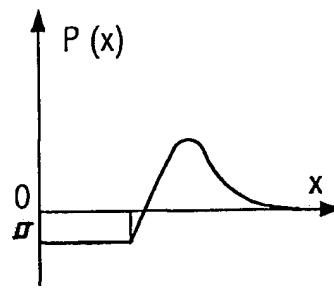


FIG.4

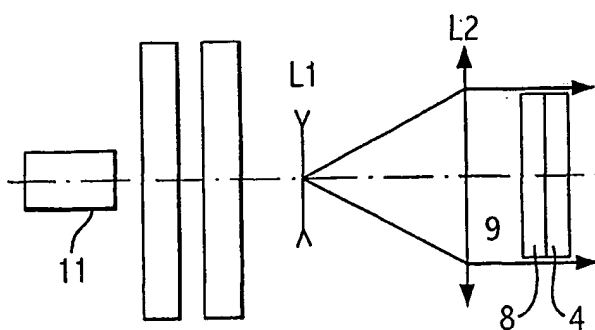


FIG.5

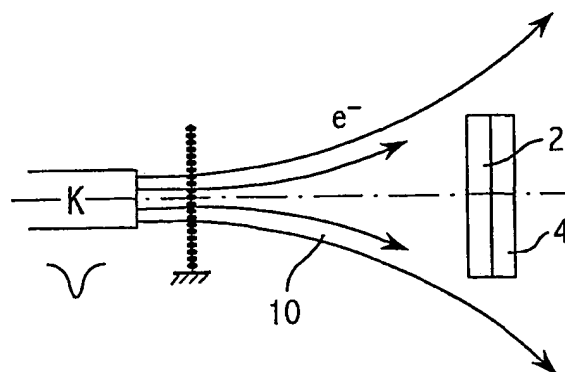


FIG.6

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
25 octobre 2001 (25.10.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/80308 A3

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01L 21/762

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/01179

(22) Date de dépôt international : 17 avril 2001 (17.04.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/05549 14 avril 2000 (14.04.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines,
Chemin des Franques, F-38190 Bernin (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **ROCHE,**
Michel [FR/FR]; 12, rue de Saulx-Travanees, F-21000
Dijon (FR).

(74) Mandataires : **MARTIN, Jean-Jacques** etc.; Cabinet
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17
(FR).

(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR,
HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR,
LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,
NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen
(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

(88) Date de publication du rapport de recherche
internationale: 7 février 2002

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrévia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD FOR CUTTING OUT AT LEAST A THIN LAYER IN A SUBSTRATE OR INGOT, IN PARTICULAR
MADE OF SEMICONDUCTOR MATERIAL(S)

(54) Titre : PROCEDE POUR LA DECOUPE D'AU MOINS UNE COUCHE MINCE DANS UN SUBSTRAT OU LINGOT,
NOTAMMENT EN MATERIAU(X) SEMI-CONDUCTEUR(S)

(57) Abstract: The invention concerns a method for cutting out at least a thin layer in an element forming a substrate or an ingot for
electronic or optoelectronic or optical component or sensor. The invention is characterised in that it comprises steps which consist
in: forming in said element a embrittled zone having a thickness corresponding to that of the layer to be cut out; injecting into said
element an energy pulse lasting not more than the duration required for a sound wave to pass through the thickness of the zone
absorbing said pulse energy, said pulse having an energy selected to cause cleaving at said embrittled layer.

(57) Abrégé : Procédé pour la découpe d'au moins une couche mince dans un élément formant substrat ou lingot pour composant ou
capteur électronique ou opto-électronique ou optique, caractérisé en ce qu'on met en oeuvre les étapes consistant à: former dans ledit
élément une zone fragilisée d'une épaisseur correspondant à celle de la couche que l'on veut découper; injecter dans ledit élément une
impulsion énergétique d'une durée inférieure à ou de l'ordre de la durée nécessaire à une onde acoustique pour traverser l'épaisseur
de la zone absorbant l'énergie de ladite impulsion, ladite impulsion étant d'une énergie choisie pour provoquer un clivage au niveau
de ladite couche fragilisée.

WO 01/80308 A3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCI/FR 01/01179

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L21/762

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L 823K C21D 826F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 02, 29 February 2000 (2000-02-29) & JP 11 312811 A (SEIKO EPSON CORP), 9 November 1999 (1999-11-09) abstract -& EP 1 014 452 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 28 June 2000 (2000-06-28) cited in the application column 16 -column 17 ---	1, 25, 26, 28
A	EP 0 961 312 A (CANON KK) 1 December 1999 (1999-12-01) cited in the application paragraphs '0110!-'0127! --- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 October 2001

Date of mailing of the international search report

23/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Szarowski, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l. Application No

PC1/FR 01/01179

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 666 759 A (BOURGOGNE TECHNOLOGIES) 20 March 1992 (1992-03-20) the whole document ---	
A	YOUTSOS A G, KIRIAKOPOULOS M, TIMKE TH: "Experimental and theoretical/numerical investigations of thin films bonding strength" THEORETICAL AND APPLIED FRACTURE MECHANICS, vol. 31, no. 1, February 1999 (1999-02) - March 1999 (1999-03), pages 47-59, XP001031851 the whole document ---	
A	EP 0 792 731 A (PIRELLI) 3 September 1997 (1997-09-03) the whole document ---	
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 199317 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class L03, AN 1993-141287 XP002179817 & SU 1 324 525 A (TOMSK POLY NUCLEAR PHYS RES INST), 30 May 1992 (1992-05-30) abstract -----	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/01179

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 11312811	A	09-11-1999	CN 1256794 T EP 1014452 A1 WO 9944242 A1 TW 412774 B	14-06-2000 28-06-2000 02-09-1999 21-11-2000
EP 0961312	A	01-12-1999	JP 2000036583 A EP 0961312 A2	02-02-2000 01-12-1999
FR 2666759	A	20-03-1992	FR 2666759 A1	20-03-1992
EP 0792731	A	03-09-1997	IT MI960396 A1 BR 9700336 A EP 0792731 A2 JP 9327832 A US 6113707 A US 5928533 A	01-09-1997 27-10-1998 03-09-1997 22-12-1997 05-09-2000 27-07-1999
SU 1324525	A	30-05-1992	SU 1324525 A1	30-05-1992

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Der le Internationale No

PC1/FR 01/01179

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L21/762

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou a la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L B23K C21D B26F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, INSPEC, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 02, 29 février 2000 (2000-02-29) & JP 11 312811 A (SEIKO EPSON CORP), 9 novembre 1999 (1999-11-09) abrégé -& EP 1 014 452 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 28 juin 2000 (2000-06-28) cité dans la demande colonne 16 -colonne 17 ---	1, 25, 26, 28
A	EP 0 961 312 A (CANON KK) 1 décembre 1999 (1999-12-01) cité dans la demande alinéas '0110!-'0127! ---	
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

& document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 octobre 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/10/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Szarowski, A

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De 1e Internationale No
PCI/FR 01/01179

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 666 759 A (BOURGOGNE TECHNOLOGIES) 20 mars 1992 (1992-03-20) le document en entier ---	
A	YOUTSOS A G, KIRIAKOPOULOS M, TIMKE TH: "Experimental and theoretical/numerical investigations of thin films bonding strength" THEORETICAL AND APPLIED FRACTURE MECHANICS, vol. 31, no. 1, février 1999 (1999-02) - mars 1999 (1999-03), pages 47-59, XP001031851 le document en entier ---	
A	EP 0 792 731 A (PIRELLI) 3 septembre 1997 (1997-09-03) le document en entier ---	
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 199317 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class L03, AN 1993-141287 XP002179817 & SU 1 324 525 A (TOMSK POLY NUCLEAR PHYS RES INST), 30 mai 1992 (1992-05-30) abrégé -----	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs : membres de familles de brevets

Der le Internationale No

PCI/FR 01/01179

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 11312811	A	09-11-1999	CN 1256794 T	14-06-2000
			EP 1014452 A1	28-06-2000
			WO 9944242 A1	02-09-1999
			TW 412774 B	21-11-2000
EP 0961312	A	01-12-1999	JP 2000036583 A	02-02-2000
			EP 0961312 A2	01-12-1999
FR 2666759	A	20-03-1992	FR 2666759 A1	20-03-1992
EP 0792731	A	03-09-1997	IT MI960396 A1	01-09-1997
			BR 9700336 A	27-10-1998
			EP 0792731 A2	03-09-1997
			JP 9327832 A	22-12-1997
			US 6113707 A	05-09-2000
			US 5928533 A	27-07-1999
SU 1324525	A	30-05-1992	SU 1324525 A1	30-05-1992